

ОСОБЛИВОСТІ КРИСТАЛІЗАЦІЇ АНГІДРИДНОЇ ГЛЮКОЗИ

У США щорічно виробляють близько 454 тис. тонн чистої кристалічної глюкози (α -D-глюкопіранози). Окрім гідратної α -D-глюкози для спеціального призначення, отримують α -D-глюкозу ангідридну. Її з успіхом використовують у хлібопекарській, молочній, консервній галузях харчової промисловості та у виробництві безалкогольних напоїв. Використання ангідридної глюкози в кондитерській галузі дає змогу регулювати солодкість, кристалічність, м'якість цукерок, посилює їхній смак. Ангідридна глюкоза має значно більшу, ніж гідратна, точку плавлення кристалів, менше поглинає вологу з повітря, що не призводить до злипання цукерок, незважаючи на більшу розчинність ангідридної глюкози у воді.

З восьми ізомерів альдогексоз у вигляді кристалів отримано лише дві форми: α -D-глюкоза (ангідридна та гідратна) і β -D-глюкоза. Останню отримують кристалізацією з водних розчинів з масовою часткою 88...91 % в перерахунку на сухі речовини при температурі 85...110 °C за наявності затравних кристалів β -D-глюкози. Ця форма глюкози дуже чутлива до вологості повітря: достатньо декілька десятків відсотка вологи, щоб вона перетворилась у α -D-глюкозу. Якщо розчин β -D-глюкози швидко висушити, то її вміст у рівноважній суміші можна стабілізувати. Висушують її за допомогою розпилювальної сушарки, а потім фасують у герметичну тару.

Для глюкози та її розчинів визнають існування рівноважної системи різних форм, що можуть переходити одна в одну: α - та β -піранози, α - та β -фуранози та відкритої аль-

© О.В. Грабовська, Л.М. Мельник, В.В. Петрушевський, 2002

дегідної форми. В альдегідній формі перебуває незначна кількість глюкози. При розчиненні у воді будь-якої з форм глюкози відбувається мутаротація і в розчині встановлюється рівновага α - та β -форм. Якщо одну з форм викристалізувати, то кількість її поповниться за рахунок інших. З підвищенням температури збільшується розчинність глюкози і швидкість мутаротації. Внаслідок цього ангідридну глюкозу можна отримати швидше, ніж гідратну, тому що вона кристалізується при більш високих температурах.

З пересичених водних розчинів глюкози викристалізовується α -форма D-глюкози. Залежно від температурних умов та деяких інших факторів утворюються кристали ангідридної або гідратної глюкози. Кристали гідратної глюкози (з одною молекулою кристалізаційної води) належать до моноклінної системи і являють собою тонкі геміморфні пластинки (рис. 1). Дрібні кристали зазвичай бувають п'ятикутними, крупніші, як правило, гексагональні. Кристали часто утворюють двійники та друзки. Кристали ангідридної глюкози належать до ромбічної системи. Це видовжені призми з кінцевими гемігедральними поверхнями (рис. 2). Глюкоза має властивість поліморфізму, тобто залежно від умов кристалізації утворює кристали, що належать до різних кристалічних систем. Визначено температурні межі, які сприяють утворенню нормальних кристалів гідратної глюкози, — від 35 до 41 °C. Ангідридні кристали утворюються при температурі понад 50 °C. При більш низьких температурах ростуть кристали змішаних форм [1].

За фізичними властивостями ангідридна глюкоза вигідно відрізняється від гідратної. Вона кристалізується



Рис. 1. Кристали гідратної глюкози (×300)

у вигляді крупніших, міцних, однорідних кристалів, не містить кристалізаційної води, а розчинність та швидкість кристалізації у неї значно вищі порівняно з гідратною. У таблиці наведено основні фізико-хімічні показники глюкози різних форм.

Фізико-хімічні властивості глюкози

Показник	α-Д-глюкоза		β-Д-глюкоза за C ₆ H ₁₂ O ₆
	ангідридна C ₆ H ₁₂ O ₆	гідратна C ₆ H ₁₂ O ₆ ·H ₂ O	
Молярна маса, кг/моль	180,16	198,16	180,16
Розмір кристалів, мм	0,1...0,5	0,1...7,0	0,1...0,5
Точка плавлення, °С	146	83	148...150
Питоме обертання [α], град.	+112,2	+52,5... ...+53,5	+18,7... ...+18,9
Глюкозний еквівалент, %	99,8	99,9	99,9
Масова частка вологи, %, не більше	0,5	9,0	0,5
Розчинність у воді при 25°С, %	51,2	30,0	51,2
Масова частка сульфатної золи в перерахунку на сухі речовини, %, не більше	0,02	0,07	—

За кордоном ангідридну глюкозу виробляють перекристалізацією гідратної або із сиропів, що мають доброякісність 98 % і більше, які отримують ферментативним гідролізом крохмалю. Якщо доброякісність сиропів нижча за 96 %, то ріст ангідридних кристалів практично завершується. Довжина кристалів гідратної глюкози рідко перевищує 1 мм і, як правило, буває значно менше. Близько половини цих кристалів (50 %) проходить крізь сито з отворами 0,1 мм. Основна маса кристалів ангідридної глюкози (62...67 %) залишається на ситі з діаметром отворів 0,2 мм. За технологічними властивостями ангідридна глюкоза відрізняється кращою сипкістю, значними коливаннями сили виштовхування, що залежить від розміру кристалів та їхньої вологості.

На Дніпровському крохмале-патоковому комбінаті медичну глюкозу отримують з кристалічної гідратної. Для цього її розчиняють, додатково очищують активним вугіллям і перекристалізують. Цей процес триває 48–60 год. Внаслідок тривалого перебування продукту в кристаліза-



Рис. 2. Кристали ангідридної глюкози (×80)

торах великої місткості (близько 35 м³) створюються сприятливі умови для бродіння та погіршення якості глюкози. Щоб запобігти цим небажаним явищам, впроваджують спосіб кристалізації глюкози в ангідридній формі, яка проходить з високою швидкістю.

Технологія виробництва ангідридної глюкози включає: очищення активним вугіллям розчинів гідратної глюкози з глюкозним еквівалентом не нижче ніж 94 %, а для медичної ангідридної глюкози — не нижче ніж 99 %, уварювання у вакуум-апараті при температурі 70...80 °С до масової частки сухих речовин 81...82 %, заведення затравних кристалів гідратної або ангідридної форм; нарощування кристалів при об'ємній концентрації 83...85 %, центрифугування утфелю при високих температурах (на декілька градусів нижче, ніж у вакуум-апараті). Щоб здійснити цей спосіб, треба мати кристалізатор та утфелерозподільник з підігрівом. Кристали промивають дистильованою водою з температурою 45...55 °С, висушують до масової частки вологи 0,3...0,5 %, просіюють, видаляють ферродомішки, зважують та пакують у подвійні мішки. Напівпромислові випробування кристалізації ангідридної глюкози за цією технологією були проведені на Верхньодніпровському крохмале-патоковому комбінаті у 1977 р. [2]. І лише у 1988 р. разом із співробітниками НВО крохмалепродуктів на цьому комбінаті були проведені виробничі випробування технології отримання медичної ангідридної глюкози [3]. За цією технологією очищений розчин гідратної глюкози уварювали до масової частки сухих речовин 82...84 %, зливали у нагрітий до 80 °С кристалізатор і вводили затравку кристалів ангідридної глюкози у кількості 0,35 % до маси сиропу. Температура у кристалізаторі коливалась від 73 до 80 °С. Після заливання сиропу через 23 год температура утфелю знизилась до 63 °С, а ще через 24 год готовий утфель з температурою 45 °С містив до 43 % кристалів. Утфель з температурою 35 °С з утфелерозподільника надходив у центрифугу. Верхній шар кристалів у барабані центрифуги був досить ущільнений з великою кількістю дрібних кристалів. Вологість кристалів після висушування становила 4,7 %, що свідчило про чималий вміст гідратних кристалів. Після аналізу проведених випробувань фахівці відмітили непристосованість обладнання для підтримання потрібної температури. Зниження температури утфелю до 35 °С призвело до нерегульованого накопичення кристалів змішаних форм типу "муки", які погано промивались на центрифугах і мали низьку якість. Було зроблено висновок, що потрібну концентрацію глюкозного сиропу треба створювати не розчиненням глюкози у воді при високих температурах, а уварюванням у вакуум-апараті. Кристалізація ангідридної глюкози має здійснюватись не в кристалізаторах, а у вакуум-апаратах. Отриманий утфель має зразу надходити на центрифугування і промивання кристалів.

Незважаючи на труднощі, технологи вважають, що виробничі випробування способу кристалізації ангідридної глюкози показали доцільність впровадження способу у виробництво. При цьому за 8...9 год можна отримати утфель хорошої якості, який швидко обробляється на центрифугах. Щоб здійснити спосіб, потрібно мати декілька вакуум-апаратів замість кристалізаторів.

Висновок. За фізико-хімічними властивостями ангідридна глюкоза вигідно відрізняється від гідратної. Технологія отримання глюкози у ангідридній формі нескладна, проте потребує змін апаратурної схеми виробництва гідратної глюкози. В країнах СНД ангідридна глюкоза не виробляється і не використовується. В зв'язку з цим продовження досліджень у цьому напрямі з метою вдосконалення технології кристалізації ангідридної глюкози є досить актуальним.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Производство* кристаллической глюкозы из крахмала / Е.Я. Жарова, Т.А. Ладур, А.А. Малыжев, Г.Г. Шамборант — М.: Пищ. пром-сть, 1967. — 235 с.
2. *Хворова Л.С., Гулюк Н.Г., Бондарь Е.Г.* Производственная проверка технологии получения медицинской ангидридной глюкозы // Сах. пром-сть. — 1977. — № 9. — С. 59-62.
3. *Производственная* проверка получения медицинской ангидридной глюкозы в кристаллизаторах / Л.С. Хворова, Е.Г. Бондарь, В.Я. Сарапука, В.Т. Шорников // Пищ. пром-сть. — 1990. — Вып. 6. — С. 17.

Надійшла до редколегії 08.04.02 р.